

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ
проф. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Квантовые электронные свойства наносистем

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Парфенов В.В. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), Viktor.Parfenov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано-и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- физические процессы, происходящие в структурах, имеющих размеры 10-100 нм;
- технологические особенности синтеза новых полупроводниковых материалов и построения на их основе наноразмерных структур для электроники;
- физические основы наноэлектроники - условия возникновения размерного квантования электронного газа в полупроводниковых структурах, специфические эффекты, возникающими вследствие такого квантования;
- механизмы переноса носителей заряда в низкоразмерных системах и полупроводниковых приборах на основе таких систем;
- фотоэлектрические, оптические и люминесцентные явления в гетероструктурах;
- применение наноразмерных структур в электронной технике.

Должен уметь:

измерять на современном оборудовании физические параметры полупроводниковых приборов на основе гетероструктур.

Должен владеть:

проведением экспериментальных исследований по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
описанием проводимых исследований, анализом результатов, подготовкой данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций

Должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.05.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника (Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 7, 8 семестрах.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 90 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 90 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре; экзамен в 8 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.	7	2	2	0	4
2.	Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия и металл-органическая газофазная эпитаксия.	7	2	2	0	4
3.	Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Перспективы применения в электронике.	7	2	2	0	4
4.	Тема 4. Методы исследования поверхности гетероструктур.	7	2	2	0	4
5.	Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.	7	2	2	0	4
6.	Тема 6. Электрон в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.	7	3	2	0	4
7.	Тема 7. Туннелирование электрона и надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.	7	2	2	0	6
8.	Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).	7	2	2	0	4
9.	Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.	7	2	2	0	4
10.	Тема 10. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.	7	2	2	0	6
11.	Тема 11. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.	7	2	2	0	6
12.	Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.	7	2	4	0	4
13.	Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.	7	2	2	0	4

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
14.	Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.	7	2	2	0	2
15.	Тема 15. Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.	7	3	2	0	4
16.	Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.	7	2	2	0	4
17.	Тема 17. Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница?	7	2	2	0	4
18.	Тема 18. Лаб. работа 'Спектры плазмонного резонанса наночастиц серебра'	8	0	0	6	6
19.	Тема 19. Лаб. работа 'Спектры светодиодов на гетероструктурах'	8	0	0	6	6
20.	Тема 20. Лаб. работа 'Туннельный диод'	8	0	0	6	6
	Итого		36	36	18	90

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.

Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур полупроводниковых соединений A3B5, A2B6, A4B6. Зависимость основных физических свойств (ширина запрещенной зоны, параметр кристаллической решетки и т.д.) от состава твердых растворов полупроводников. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур. Гетероструктуры 1 и 2 типов.

Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия и металл-органическая газофазная эпитаксия.

Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод термического, магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Преимущества и недостатки. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Параметры ионно-имплантированных слоев (коэффициент заполнения, средний проекционный пробег). Радиационные дефекты. Ионно-лучевой синтез. Получение гетероструктур методом МОГФЭ. Преимущества и недостатки метода МОГФЭ.

Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Перспективы применения в электронике.

Графен - двумерный кристалл. Зонная структура. Электроны с "нулевой" массой и высокой подвижностью. Способы получения графена с металлической и полупроводниковой проводимостью (складчатый графен, бислой и пр.). Нанотрубки и фуллерены. Перспективы применения в электронике. Графеноподобные двумерные кристаллы.

Тема 4. Методы исследования поверхности гетероструктур.

Методы элементного анализа. Оже- спектроскопия, рентгеноструктурный анализ в наклонных пучках и рентгенофлуоресцентный анализ. Исследование поверхности методами электронной микроскопии. Просвечивающие (ПЭМ) и растровые (РЭМ) электронные микроскопы. Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.

Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов. Получение квантовых нитей и квантовых точек из двумерных наноразмерных структур методом нанолитографии. Синтез квантовых точек методом МОГФЭ.

Тема 6. Электрон в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.

Решение уравнения Шредингера для прямоугольной и треугольной потенциальных ям. Волновые функции и энергии электрона в глубоких и мелких потенциальных ямах. Особенности образования потенциальных ям в МОП и гетероструктурах. Методы регулирования поверхностной плотности носителей заряда в МОП структурах

Тема 7. Туннелирование электрона и надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

Туннелирование электрона через прямоугольные и треугольные потенциальные барьеры. зависимость вероятности туннелирования от ширины потенциального барьера. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров. Коэффициент прозрачности потенциальных барьеров произвольной формы.

Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).

Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). Резонансное туннелирование. Практическая реализация ДБКС. Зависимость туннельного тока от крутизны вольт-амперной характеристики двухбарьерной квантовой структуры. Пути управления коэффициентом прозрачности двухбарьерной квантовой структуры.

Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.

Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе. Дополнительное рассеяние, связанное с перебросом носителей заряда из боковых долин в главный минимум. Эффект "убегания". Необходимые меры для предотвращения дополнительного рассеяния.

Тема 10. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.

Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей в гетероструктурах. Что такое "спейсер" и для чего он нужен. Зависимость подвижности носителей заряда от толщины спейсера. Другие методы уменьшения рассеяния носителей заряда - дельта-легирование и пр.

Тема 11. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.

Рассеяние электронов на колебаниях кристаллической решетки - акустических и оптических фононах. Времена релаксации импульса и энергии. Сверхрешетки. Практическая реализация сверхрешеток. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Уменьшение рассеяния электронов на оптических фононах в сверхрешетках - как этого добиться.

Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.

Перенос электронов без рассеяния - способ увеличения дрейфовой скорости. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной overshoot - использование пикосекундных импульсов с ультракороткими фронтами. Пространственный overshoot - электрон разгоняется в контактном поле. Условия реализации и наблюдения.

Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.

Электронный газ в квантующем магнитном поле. Подзоны Ландау. Осцилляционные явления в квантующих магнитных полях - эффекты Шубникова-де Гааза, де Гааза - ван Альфена. Низкоразмерный электронный газ в МОП-структуре и квантующем магнитном поле. Зависимость от индукции поля продольного и поперечного (холловского) сопротивления. Целочисленный квантовый эффект Холла.

Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.

Дробный квантовый эффект Холла. Методы получения сверхсильных магнитных полей: Биттеровские соленоиды, импульсные магнитные поля. Коллективные электронные возбуждения: квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой - модель Лафлина. Практическая реализация дробного квантового эффекта Холла.

Тема 15. Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.

Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот. Наноструктуры в оптоэлектронике: инжекционные лазеры на гетероструктурах и на квантовых точках

Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Уменьшение потерь в инжекционных лазерах на гетероструктурах за счет образования потенциальных ям в узкозонной части ДГС. Образование волновода в ДГС. Лазеры на квантовых точках. Увеличение соотношения сигнал/шум в лавинных фотодиодах на сверхрешетках.

Тема 17. Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница?.

Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Туннелирование через квантовую точку. "Кулоновская лестница". Понятия о спинтронике. Перенос зарядовой и спиновой плотности в системе ферромагнетик-обычный металл-ферромагнетик. Принципы построения одноэлектронных и спинтронных логических элементов.

Тема 18. Лаб. работа 'Спектры плазмонного резонанса наночастиц серебра'

Измерение спектров плазмонного резонанса наночастиц серебра в диэлектрической матрице. Расчет размеров наночастиц. .

Тема 19. Лаб. работа 'Спектры светодиодов на гетероструктурах'

Измерение спектров светодиодов на гетероструктурах. Построение спектральных зависимостей. Анализ результатов. .

Тема 20. Лаб. работа 'Туннельный диод'

Измерение ВАХ туннельного диода. Анализ результатов. .

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
 - критерии оценивания сформированности компетенций;
 - механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
 - описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
 - критерии оценивания для каждого оценочного средства;
 - содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.
- Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

гетероструктуры - http://femto.com.ua/articles/part_1/0743.html

гетероструктуры на основе AlN, GaN - http://www.kit-e.ru/articles/svch/2008_2_138.php

графен и его применения - <http://ru.wikipedia.org/wiki/%C3%F0%E0%F4%E5%ED>

квантовый эффект холла -

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/3462/%D0%9A%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%A2%D0%9E%D0%92%D0%AB%90

лазер на квантовых точках - <http://www.nanometer.ru/2009/03/22/12377431214279.html>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	При конспектировании лекций стараться кратко записать все, а не просто переписывать с доски только формулы. Иногда приходится сталкиваться на экзамене с тем, что формулы написаны верно, а их физический смысл, допущения, сделанные при выводе, область применения того или иного соотношения студент не знает
практические занятия	Практические занятия проводятся в виде семинаров по темам, предложенным преподавателем. При подготовке к семинарам рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем на лекциях, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторам могут быть даны различные ответы
лабораторные работы	Перед выполнением лабораторной работы необходимо тщательно ознакомиться с основами теории и методики выполнения эксперимента. Пройти собеседование с преподавателем по этим вопросам, уточнить непонятные моменты, получить допуск на выполнение работы. Выполнить эксперимент, обработать результаты подготовить отчет в письменной форме

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Поскольку часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель.</p> <p>Схема изучения материала:</p> <ul style="list-style-type: none"> - постановка проблемы; - варианты решения; - аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. <p>На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.</p> <p>При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами</p>
зачет	<p>При подготовке к зачету необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые указаны в списке литературы. В каждом билете на зачете содержится по два вопроса, так что кратко охвачены практически все основные темы. Более развернутый и детальный опрос предполагается в следующем семестре на экзамене. Преподаватель оставляет за собой право задать дополнительные вопросы, связанные с основными вопросами билета</p>
экзамен	<p>При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые указаны в списке литературы. В каждом билете на экзамене содержится по два вопроса. Высокая положительная оценка выставляется при полном развернутом ответе на оба. Преподаватель оставляет за собой право задать дополнительные вопросы, связанные с основными вопросами билета</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

Специализированная лаборатория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки "Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.05.01 Квантовые электронные свойства наносистем

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Основная литература:

1. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : учебное пособие / А. И. Гусев. - 2-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2173> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Головин, Ю. И. Основы нанотехнологий / Ю. И. Головин. - Москва : Машиностроение, 2012. - 656 с. - ISBN 978-5-94275-662-8. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5793> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Барыбин, А. А. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники : учебное пособие / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 784 с. - ISBN 978-5-9221-1321-2. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5258> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Игнатов, А. Н. Микросхемотехника и наноэлектроника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 528 с. - ISBN 978-5-8114-1161-0. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2035> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Шишкин, Г. Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства : учебное пособие / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев. - 3-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 411 с. - ISBN 978-5-9963-2652-5. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/66208> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Шука, А. А. Наноэлектроника : учебное пособие / А. А. Шука ; под редакцией А. С. Сигова. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 345 с. - ISBN 978-5-9963-2648-8. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/84102> (дата обращения: 03.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.05.01 Квантовые электронные свойства наносистем

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.